北部地區農業污染源監測調查

吳信郁[1], 李宗翰[2], 廖高宗[3]

[1] 行政院農委會桃園區農業改良場 副研究員
[2] 行政院農委會桃園區農業改良場 助理研究員
[3] 行政院農委會農糧署中區分署 課員

摘要

本研究旨在監測調查北部地區灌溉水、酸雨及氟化物空汙等農業污染源發生情形，並進行作物人工模擬酸雨受害試驗，篩選指標作物以提供酸雨監測。2007 至 2011 年於 6 條主要溪流灌溉水監測調查，桃園縣南崁溪上下游、社子溪下游及新竹縣茄苳溪上下游、鳳山溪上下游電導度每年皆超過灌溉水質標準，且以茄苳溪最高，2007 至 2009 年南崁溪重金屬銅含量亦超標；而於桃園區農業改良場酸雨監測，12 至 4 月降雨酸鹼值月平均皆低於 pH 5，尤其以 2010 年 12 月 pH 3.8 為最低；氟化物空氣汙染監測於 2007 年及 2011 年新竹縣竹東鎮頭重里監測點，氟化物檢測含量分別為 48.5 及 95 ppm 超過臨界濃度。人工模擬酸雨調配硫酸溶液及硝酸溶液，處理供試作物以建立受害之徵狀試驗，僅芥菜葉片出現葉綠素消失、葉色白化之急性硫酸傷害，而對作物株高影響各處理間不顯著。

關鍵詞：農業污染源、灌溉水、重金屬、酸雨、氟化物。

一、前言

農業污染問題日益嚴重，不僅造成作物產量減損，更影響消費者食的安全。農作物集約耕作，農藥肥料等大量施用，致使灌溉水之污染來源急劇增加，導致農田土壤遭受灌溉水造成污染問題日益嚴重，其中重金屬為主要污染項目之一[(5)]，灌溉水重金屬汙染土壤導致作物受到汙染的案例本，例如桃園觀音、蘆竹鎘米污染，對生態環境及人體健康造成極大的傷害。灌溉水電導度也是極為重要的指標之一，電導度的高低會影響到作物的生長，如電導度過高亦會造成作物生長受到影響。酸雨為酸鹼值達 5.0 以下之雨水[(14)]，其較重要化學組成離子包括 H^+、Cl^-、NO_3^-、SO_4^{2-}、NH_4^+、K^+、Na^+、Ca^{2+}及 Mg^{2+} 等九種，其中 NO_3^-及 SO_4^{2-} 為主要的致酸物質，由硫氧化物與氮氧化物之污染物轉化而來。酸雨對農作物危害，除改變營養生理、代謝過程與產量，並可改變土壤物理、化學及生物特性間接影響作物[(1)]。經酸雨模擬試驗 pH 2.5-3.0 及 pH 3.0-3.5 時，大豆、花生及萵苣、辣椒葉片分別出現傷害症狀；而 pH 值 4.0 時，油菜、芝麻、莧菜及辣椒較敏感[(3,6)]。桃園縣為台灣地區酸雨最嚴重的區域，pH 值長期平均在 4.5 左右[(4)]。1989~1990 年桃園區農業改良場在新北市、桃園縣海岸交界點之西南面 6、10 及 15 公里地段，分別在離海岸線 2 及 7 公里處，及距交界點 25 公里離海 23 公里的黃泥塘對照區等七處，調查雨水酸化情形及對農作物生長的影響，結果顯示北桃地區 3 至 6 月間之雨水以東北風風速日平均每秒一公尺以上的梅雨之 pH 值 4.07 酸化最嚴重，霧雨時雨水之 pH 值亦較對照區為低，8、9 月颱風風向西南之雨水亦呈酸性(pH 值 4.9~5.3)其中 Cl、Na 含量及電導度均在 15 公里地段的永安村最高。

3 月份青蔥葉尖呈枯乾現象最嚴重，尤以 7 公里地帶較嚴重，葉枯程度與其鈉含量無顯著相關存在。採用塑膠網保護，對青蔥可增產 37.5%(7)。氟化物對植物的毒性比其他空氣汙染物為高，工廠所排放之廢氣及微粒只要微量的氟就會造成植物受害(15,16)。北部地區桃園縣龍潭鄉因陶瓷工廠排放氟化物，造成茶葉氟離子累積導致葉片枯萎(2)。唐菖蒲屬植物為氟化物之敏感指標植物，累積量 30-50 ppm 葉片即出現受害徵狀，可為指標植物監測氟化物汙染(11)。

本研究針對北部地區農業灌溉水、酸雨及空氣氟化物汙染進行監測，調查灌溉水中重金屬含量並評估對農田土壤之影響，設立雨水收集器監測酸雨對農作物生長影響，以指標植物監測主要空氣汙染地區氟化物濃度，提供監測資料做為污染防治參考。

二、材料與方法

(一)灌溉水質污染監測調查

自 2007 至 2011 年於桃園縣社子溪、老街溪、南崁溪及新竹縣茄苳溪、鳳山溪、頭前溪等 6 條主要灌溉河川上下游設置 12 個監測點，以衛星定位座標方式分別於上游及下游設置監測點共計 12 處。每 2 週至監測點採集灌溉水樣本乙次，以 pH meter 測定 pH 值(12)，以電導度計測定 EC 值(13)；以感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP)測定重金屬 Cu、Zn、Ni、Cr、Cd 及 Pb 含量，並參考灌溉用水標準分析重金屬。

(二)酸雨調查及模擬試驗

自 2007 至 2011 年於桃園區農業改良場依據中央大學大氣物理研究所之酸雨測站觀測人員作業手冊，設立酸雨採樣器，於降雨次日上午八時採集雨水樣品，雨水之酸鹼 pH 值及污染物，送請中央大學大氣物理研究所協助分析，取得年度酸雨含有之污染物質。模擬酸雨試驗，取 20 公升的去離子水，分別以 96-98％ H_2SO_4 及 60％ HNO_3 配置 0.01N 硫酸溶液及硝酸溶液，再以 1N NaOH 溶液調製成 pH 值 2.6、3.6、4.6 酸性溶液為模擬酸雨之供試溶液。於本場溫室以盆缽種植白菜、茼蒿、萵苣、芹菜、茄子、青椒、芥菜、甘藍、菠菜苗，於定植後七天，分別以調製成 pH 值 2.6、3.6、4.6 硫酸溶液及硝酸溶液供試液及未處理作為對照，每盆噴灑酸供試液 100 毫升，隔 7 天分別噴灑一次及二次，，每處理 4 重複，於第二次噴灑後七天調查作物株高及葉色等影響情形。以 LSD 測驗法分析各處理間平均株高之差異顯著性，以顯著基準 5％比較之。

(三)氟化物空氣汙染監測調查

自 2007 至 2011 年於新北市萬里區協和火力發電廠及核二電廠、林口區林口火力發電廠、桃園縣龍潭鄉羅馬瓷磚廠、新屋鄉永安工業區及新竹縣竹東鎮中國製釉廠等空氣污染地區設置 5 處監測點，以唐菖蒲作為指標植物，設置後 30 天及 60 天各調查一次，擇第二上位成長葉片，測量枯乾長度，並觀察拍攝受害徵狀。剪取唐菖蒲受害葉片，樣品用清水洗淨後再用蒸餾水沖過，以 55℃乾燥後磨粉，並以 1N 鹽酸溶液萃取，再加總離子強度調整緩衝溶液(TISAB)，最後以氟離子選擇電極檢測。

三、結果與討論

(一)灌溉水質污染調查

2007 年至 2011 年針對桃園縣及新竹縣 6 條主要灌溉河川水質汙染監測調查，結果顯示如圖 1。桃園縣南崁溪上下游、社子溪上下游、新竹縣茄苳溪上下游、鳳山溪下游及老街溪上下游，電導度 EC 值皆超過灌溉水質標準 750µS cm^{-1}，以茄苳溪下游最為嚴重，其次是南崁溪，而鳳山溪下游之電導度 EC 值有逐年上升的趨勢。灌溉水電導度主要是受到無機陽離子鈣、鎂、鈉、鉀等，陰離子碳酸根、硫酸根、氯離子等影響，施用灌溉水電導度會影響到土壤的理化性質[9]，如電導度高的灌溉水施用過多則易導致土壤的電導度值過高，如土壤電導度超過 0.6 dS m^{-1} (土水比=1：5)則會造成作物生長受到影響。在重金屬檢測方面，銅之灌溉水質標準為 0.2 mg kg^{-1}，南崁溪下游銅污染檢測，2007-2009 年分別檢測出 3、2 及 2 次，但 2010-2011 年則未檢出灌溉水銅含量超標之情況，顯示南崁溪下游銅污染的情況有減緩的趨勢。其餘各河川均未見鉛、鋅、鎳、鎘及鉻超過水質標準之情形，灌溉水重金屬來源包括天然礦物的溶出、工業廢水、家庭廢水及畜牧業廢水[8,10]等，因此建議相關單位需多加管控附近上游工廠，避免灌溉水遭受重金屬汙染。

(二)酸雨調查及模擬試驗

2007 至 2011 年桃園區農業改良場酸雨監測調查結果如圖 2，12 至 4 月降雨酸鹼值月平均皆低於 pH 5，以 2010 年 12 月 pH 3.8 最低；雨水酸性化學組成，較重要的物質為 $H^+NO_3^-$ 及 $SO^{2-}{}_4$，降雨所含 SO_4^{2-}離子及 NO_3^-離子月平均濃度亦以 12 至 4 月較高，SO_4^{2-}離子月平均濃度 2010 年 12 月 354.8 µeq*l^{-1} 最高，NO_3^-離子月平均濃度 2010 年 12 月 273.8 µeq*l^{-1} 最高，顯示春、冬兩季酸雨容易發生，且雨水酸鹼值與 SO_4^{2-}離子、NO_3^-離子月平均濃度呈負相關性。

於溫室盆栽白菜、茼蒿、萵苣、芹菜、茄子、青椒、芥菜、甘藍及菠菜，以 pH 值 2.6、3.6、4.6 硫酸溶液及硝酸溶液一至二次處理及未處理為對照，處理前供試作物平均株高與對照無差異；第二次處理後七天調查結果，供試作物平均株高與硫酸溶液、硝酸溶液酸性離子濃度及處理次數增加無相關性，不影響供試作物生長；而對葉片傷害徵狀，pH 值 2.6 及 3.6 硫酸溶液處理後，芥菜葉片出現葉綠素消失、葉色漂白急性傷害，為硫酸根離子毒害葉肉細胞典型徵狀。人工模擬酸雨所調配硫酸溶液及硝酸溶液，處理供試作物以建立受

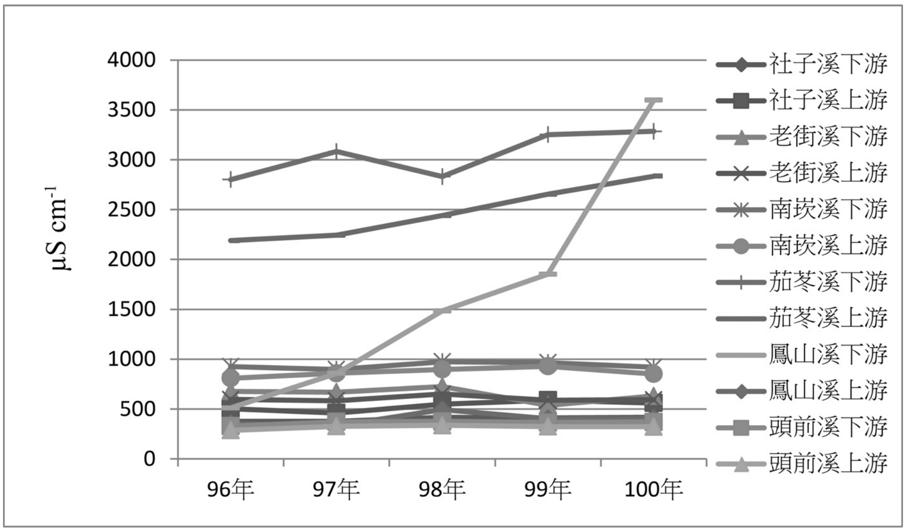

圖 1 六條河川灌溉水電導度值分析

害之徵狀試驗，僅芥菜葉片出現葉綠素消失、葉色漂白之急性傷害，可作為酸雨組成之一硫酸為害的指標作物。

(三)氟化物空氣汙染監測調查

空氣污染指標作物監測站設在新北市林口區協和及萬里區核二電廠、桃園縣龍潭鄉羅馬瓷磚廠、新屋鄉永安工業區及新竹縣竹東鎮中國製釉廠等鄰近農地，監測氟化物的空氣汙染。2007 至 2011 年水稻第一期作期間指標作物唐菖蒲乾燥植體每克累積氟離子含量，均低於 35ppm，未達到唐菖蒲危害臨界濃度。水稻第二期作期間指標作物唐菖蒲乾燥植體每克累積氟離子含量，於 2007 年及 2011 年新竹縣竹東鎮頭重里監測點檢測數據分別為 48.5 及 95 ppm 如圖 3，氟化物含量已達到為害水稻穀粒、葡萄及香蕉葉片的臨界濃度，此監測數據可提供環保單位對鄰近污染排放工廠查核的參考。

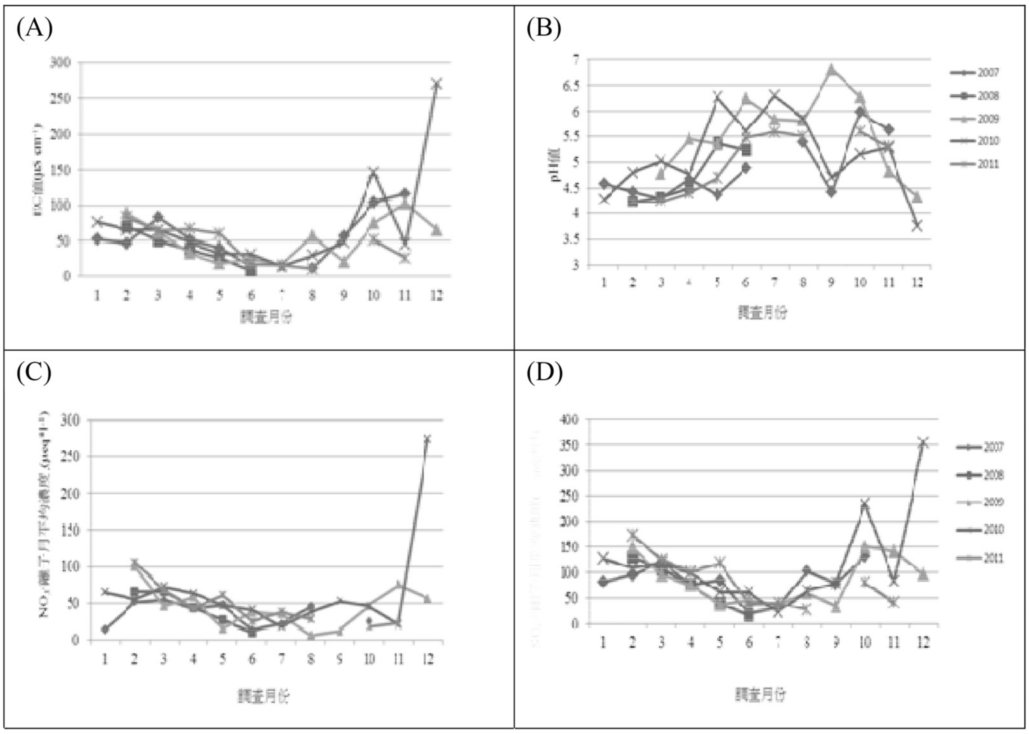

圖 2 2007 至 2011 年雨量監測調查。(A)EC 值、(B)pH 值、(C)NO_3^-、(D)SO_4^{2-}。

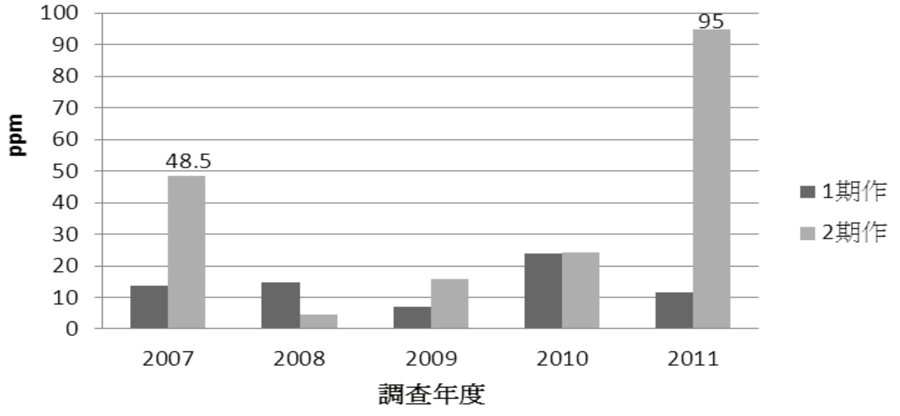

圖 3 新竹縣竹東鎮頭重里氟化物空氣汙染監測調查

參考文獻

1.吳亞、金翠霞。1994。空氣污染與植物病蟲害。藝軒圖書出版社。

2.李貽華、徐慈鴻、蔣慕琰。2003。磁磚廠周邊茶樹及雜草受氟害之徵狀及氟累積量之研究。中國農業化學會誌 41:87-94。

3.汪雅各。1987。模擬酸雨對若干蔬菜影響的研究。中國環境科學 7：1-5。

4.林能暉、彭啟明、陳進煌、陳靖沅。1999。 台灣酸雨之研究: 源與受體關係。全國大氣科學學術研討會。741-746。

5.徐貴新。2003。臺灣地區土壤重金屬污染概況。東南學報25：245-254。

6.高緒平。1987。105 種植物對模擬酸雨的反應。中國環境科學 2：16-20。

7.黃義雄、廖乾華、徐晴峰。1990。酸雨對農作物影響之研究報告。行政院環境保護署 EPA-79-002-37-143。

8.劉文徹、李松武、王銀波。1995。有機肥料之施用與土壤重金屬之聚積、作物吸收之關係。有機質肥料合理施用技術研討會專刊。台灣省台中縣。pp215-227。

9.劉黔蘭、黃瓊慧、陳松甫。2003。炭化農業廢棄物吸附水中重金屬之研究。土壤與環境 6(3)： 165-174。

10.蔡宜峰。1999。禽畜糞堆肥對作物生長及土壤特性之影響。農業有機廢棄物處理與應用。中華生質能源學會。pp73-85。

11.謝慶芳。1989。利用指標植物監測空氣汙染。pp.7。台中區農業改良場特刊第 11 號。

12.McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In A. L. Page et al (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph no.9 p.199-224.

13.Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. In A. L. Page et al (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph no.9, p.167-179.

14.Seinfeld, J. H. and S. N. Pandis. 1998. Atmospheric Chemistry and Physics - From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons. New York.

15.Weinstein, L. H. 1977. Fluorine and plant life. Journal of Occupational Medicine 19:49-78.

16.Weinstein, L. H. and A. W. Davison. 2003. Native plant species suitable as bioindicators and biomonitors for airborne fluoride. Environ. Pollut. 125:3-11.

The Monitoring and Investigation of Agricultural Pollution Sources in the Northern Part of Taiwan

Hsin-Yuh Wu [1], Tzung-Han Lee [2], Kao-Tzung Liao [3]

[1] Associate researcher, Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, COA

[2] Assistant researcher, Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, COA

[3] Officer, The Central Region Branch of Agriculture and Food Agency, COA

Abstract

The purposes of this study were to monitor and investigate the occurrence of irrigation water, acid rain and fluoride of agricultural pollution sources in the northern part of Taiwan and conduct the experiment of simulated acid rain to select plant indicator. Experiments were conducted to determine the EC and heavy metal effects of six rivers' irrigation water on the soil properties from 2007 to 2011 in Taoyuan County and Xinzhu County. The results showed that conductivity value of the Jiadong river surpasses the irrigation water standard frequently, next for Nankan river, Shezih river and Fengshan river. Heavy metal of copper content surpasses the irrigation water standard frequently at Nankan brook from 2007 to 2009.

The investigation of acid rain in Taoyuan showed that month-average values of rain were lower than pH 5 from December to April and the lowest was pH 3.8 at December in 2010. The monitoring of air pollutant-fluoride in Zhudong township, Xinzhu County showed that fluoride value of Gladiolus were higher than critical concentration in 2007 and 2011.In the test of simulated acid rain, the height effect on crops with treatment by various pH value of sulphuric acid and nitric acid were insignificant against check, but leaf mustard treatmented with pH 2.6 and 3.6 of sulphuric acid showed decoloration of leaves.

Keywords: Agricultural pollution sources, Irrigation water, Heavy metal, Acid rain, Fluoride.